

Opinnäytetyö (AMK)
Auto- ja kuljetustekniikka
Kuljetustekniikka
2009

Taija Laivo

TEOLLISEN TUONTALAITOKSEN MAANTIELOGISTIIKASTA SYNTYVÄT PÄÄSTÖT

– Syyt ja seuraukset



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
Auto- ja kuljetustekniikka | Kuljetustekniikka
Kevät 2010 | 31
Markku Ikonen, DI, Lehtori

Taija Laivo

TEOLLISEN TUOTANTOLAITOKSEN MAANTIELOGISTIIKASTA SYNTYVÄT PÄÄSTÖT

– Syyt ja seuraukset

Kaikista kuljetusmuodoista syntyy ilmaan päästöjä, niin meri-, raide- kuin maantiekuljetuksistaakin. Ympäristönäkökohdista onkin tullut taloudellinen kilpailukeino kuljetusmarkkinoilla.

Tässä opinnäytetyössä on pohdittu ympäristökuormituksen merkitystä maantielogistiikassa ja keinoja joilla tätä kuormitusta voitaisiin pienentää. Työssä selvennetään syitä siihen, miksi ympäristöasioista on tullut niin merkittävä kilpailukeino ja annetaan perustiedot eri päästölajeista, jotta päästöjen aiheuttamat ongelmat ja tarve uusille polttoaineille ja pakokaasun puhdistustekniikoilla olisi ymmärrettävissä helpommin.

Opinnäytetyössä on erityisesti perehdytty etanolin ja bioetanolin käyttömahdollisuuksiin polttoaineena ja verrattu bioetanolin ja dieselpolttoaineen ympäristökuormitusta. Opinnäytetyö on laajennus erillisen luottamuksellisen T&K-hankkeen osana tehdyille selvitykselle.

Selvityksessä laskettiin ja selvitettiin suunnitellun teollisen tuotantolaitoksen materiaalikuljetuksien synnyttämät päästöt: määrät ja lajit. Yhtenä osana oli pyrkiä optimoimaan tilanne kuljetustavan ja etäisyyksien suhteen niin, että ajettavat kilometrit ja päästöt pysyisivät mahdollisimman pieninä. Selvitys toteutettiin yhdessä Turun ammattikorkeakoulun ja selvityksen tilaajan kanssa. Maantieliikenteen laskentamallien materiaalina käytettiin Valtion Teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmää (LIPASTO) ja tietoja erilaisten materiaalien normaaleista kuljetustavoista.

ASIASANAT:

(Logistiikka, tiekuljetus, kasvihuonekaasut, etanoli, dieselpolttoaine, hiilidioksidi)

ENGINEERING THESIS | Abstract
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree program in automotive and transportation engineering | Transportation engineering (Logistics)

Spring 2010 | 31

Markku Ikonen, M.Sc., Lecturer

Taija Laivo

The emissions produced by the road logistics of an industrial plant

-cause and effect

All forms of transportation produce emissions.

An environmental protection perspective has grown to become an economical advantage when firms compete against each other in the transport market. In this work the significance of the toll on the environment caused by road logistics has been considered and the alternative plans of action in order to reduce these costs have also been weighed.

The aim has been to unravel the reasons behind the growing importance of the environmental perspective while at the same time providing for the reader with a basic information concerning different emission types. This information can work as a background when one tries to comprehend why it is so important that we will come up with new fuels and ways to control exhaust emissions.

Special attention has been given to the possibility of using ethanol and bioethanol as fuels. The environmental strains of ethanol and bioethanol have been compared.

This thesis work is extended from a confidential paper made during a research and development project. In this paper the emissions produced by the industrial plant were calculated. The goal was to sketch a plan which, if implemented would minimize the possible emissions produced and cut down the driving kilometers. The project was carried out in cooperation with Turku University of Applied Sciences and with the orderer of the undertaking.

The calculation system for traffic exhaust emissions and energy consumption in Finland (LIPASTO) and the information concerning the typical ways to transport materials were provided by the Technical Research Centre of Finland (VTT) and used when calculating the environmental costs of the road logistics.

KEY WORDS:

(Logistics, road transportation, greenhouse gases, ethanol, diesel fuel oil, carbon dioxide)

SISÄLTÖ

1	Johdanto	6
2	Etanoli	7
2.1	Etanoli yleisesti	7
2.2	Etanoli liikennepolttoaineena tai liikennepolttoaineessa	7
2.2.1	FFV-auto eli Fuel Flexible Vehicle	8
2.2.2	Erikoisvaatimuksia etanolia käytettäessä	9
2.3	Bioetanoli	10
3	Polttoaineenkulutus ja päästöt	12
3.1	Polttoaineenkulutus ja siihen vaikuttavat tekijät	12
3.1.1	Taloudellinen ajo	14
3.1.2	Diesel yleisesti	14
3.2	Maantieliikenteen päästöt	16
3.2.1	Säänneltyt päästöt	17
3.2.2	Ei-säänneltyt päästöt	23
3.2.3	Kasvihuonepäästöt	24
4	Yhteenveto	28
	LÄHTEET	29

KUVAT

Kuva 1. CO ₂ -päästöt voivat pienentyä 80 % (ST1 2009).	9
Kuva 2. Biojätteen tie Refueliksi (ST1 2009a).	11
Kuva 3. ReFuel (ST1 2009a).	11
Kuva 4. Suomen tieliikenteen polttoaineen kulutus (VTT 2008).	13
Kuva 5. Suomen tieliikenteen liikennesuorite (VTT 2008).	13
Kuva 6. Dieselpakokaasun tyypillinen koostumus (Ikonen 2008).	15
Kuva 7. Liikenteen päästöosuudet liikennemuodoittain vuonna 2007 (VTT 2008).	17

Kuva 8. CO-pitoisuus ilmassa ja altistumisajan vaikutukset (Ikonen 2008).	19
Kuva 9. Suomen tieliikenteen hiilimonoksidipäästöt (CO) (VTT 2008).	19
Kuva 10. Suomen tieliikenteen hiilivetypäästöt (HC) (VTT 2008).	20
Kuva 11. Suomen tieliikenteen typpioksidipäästöt (NO _x) (VTT 2008).	22
Kuva 12. Dieselpakokaasupartikkelin tyypillinen koostumus (Ikonen 2008).	22
Kuva 13. Suomen tieliikenteen partikkelipäästöt (PM) (VTT 2008).	23
Kuva 14 . Suomen tieliikenteen hiilidioksidipäästöt (CO ₂) (VTT 2008).	25
Kuva 15. Suomen tieliikenteen typpioksiduulipäästöt (N ₂ O) (VTT 2008).	26
Kuva 16. Suomen tieliikenteen metaanipäästöt (CH ₄) (VTT 2008).	27
Kuva 17 Suomen tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöt (CO ₂ ekv) (VTT 2008).	27

TAULUKOT

Taulukko 1. Bensiini ja etanoli (VTT energia 2000, 79–81; Motiva 2006, 30.)	8
Taulukko 2. Diesel ja bensiini (Motiva 2009a; 2009b).	15
Taulukko 3. Raskaan kaluston päästörajat (DieselNet 2009).	17

1 Johdanto

Logistiikalla on suuri merkitys teollisessa nykymaailmassa ja ympäristönäkökulmilla taas logistiikassa. Ympäristöasioista on tullut taloudellinen kilpailukeino markkinoilla ja toisaalta oikeilla ympäristön huomioonottavilla valinnoilla voidaan myös säästää rahaa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tilaajalle selvitys teollisen tuotantolaitoksen materiaalikuljetuksien synnyttämistä päästöistä. Selvitys toteutettiin yhteistyössä Turun ammattikorkeakoulun Uudenkaupungin yksikön ja selvityksen tilaajan kanssa.

Tutkimuksessa selvitettiin suunnitellun tuotantotehtaan materiaalikuljetusten, sekä tulo-että lähtölogistiikan, synnyttämät päästölajit ja niiden määrät, kun kuljetettavien materiaalien määrät, kuljetustavat ja -etäisyydet ovat tiedossa. Selvityksen yhtenä osana oli pyrkiä optimoimaan tuotantolaitoksen materiaalikuljetuksiin käytettävä kuljetustapa ja etäisyydet mahdollisimman pienien päästöjen suhteen. Tavoitteena oli tuottaa selkeä ja tarkka selvitys laskentapohjineen, jota voitaisiin hyödyntää tuotantotehdashankkeen edetessä eteenpäin. Tärkeintä oli tuottaa yksi selkeä taulukko josta kävisi ilmi päästöjen synty ja ympäristölle aiheutuva kokonaiskuormitus. Selvitykseen lisättiin vielä vertailukohdaksi kuljetuksista aiheutuvat päästömäärät, kun tuote tuotettaisiin muualla maailmassa ja kuljetettaisiin Suomeen.

Selvityksen maantielogistiikan osuuden tavoitteena on selventää kuljetusten päästöjen syntyyn vaikuttavia tekijöitä ja miten päästöjä voitaisiin mahdollisesti pienentää meno-paluukuljetuksia hyödyntämällä. Tilannetta on selvennetty jokaisen materiaalin kohdalla vertaamalla päästömääriä eri meno-paluuosenttien välillä. Tarkastelun kohteena ovat kasvihuonekaasu hiilidioksidi sekä typenoksidit ja partikkelit, jotka ovat dieselmoottorin ongelmallisimmat päästökäponentit.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin maantiekuljetuksiin, joka oli vastuualueeni myös selvitystä tehdessämme. Tavoitteena oli selostaa lyhyesti, mistä tieliikenteen päästöt johtuvat ja mihin ne vaikuttavat. Lisäksi perehdyttiin etanolin ja bioetanolin käyttömahdollisuuksiin liikennepolttoaineena tai osana liikennepolttoainetta ja sen mahdollisiin vaikutuksiin ympäristökuormitukselle.

2 Etanoli

2.1 Etanoli yleisesti

Etanoli eli $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, jota voidaan kutsua myös etyylialkoholiksi, on olomuodoltaan normaalissa huoneenlämmössä väritöntä nestettä. Etanolia valmistetaan yleensä käymisreaktiolla hiilihydraateista (esim. rypäleet, vilja ja perunat). Etanolia voidaan valmistaa myös yhdistämällä katalyyttisesti vettä eteenin kanssa. Kaikki juotavaksi tarkoitettu etanoli ja puolet teollisuuden käyttämästä etanolista valmistetaan hiilihydraateista. Etanolin sulamispiste on $-114,1\text{ }^\circ\text{C}$ ja kiehumispiste $78,5\text{ }^\circ\text{C}$. Etanolin tiheys on $0,789\text{ kg/litra}$. Koska etanolin jäätymispiste on hyvin matala, käytetään etanolia yleisesti estämään jäätymistä muun muassa autoissa ja lämpömittareissa. (Shakhashiri 2009, 1.)

Bioetanolin tuottamisessa pyritään hiilidioksidineutraalisuuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että bioetanolia tuotetaan uusiutuvista lähtöaineista (esim. sokeriruoko ja vilja). Bioetanolia poltettaessa hiilidioksidia syntyy käytännössä yhtä paljon kuin poltettaessa bensiiniä, mutta hiilidioksidineutraalius saavutetaan siinä, että bioetanolin tuottoa voidaan verrata luonnon omaan normaaliin hiilen kiertokulkuun (ks. kappale 2.3). (LIPASTO 2009a.)

2.2 Etanoli liikennepolttoaineena tai liikennepolttoaineessa

Lisääntynyt kiinnostus etanolin tai bioetanolin käyttöön liikennepolttoaineena tai liikennepolttoaineessa juontuu halusta vähentää CO_2 -päästöjä ja öljyriippuvuutta. Ilmakehän hiilidioksidikuormitus vähenee, kun tuotetaan etanolia, eikä bensiiniä ja dieseliä, jotka valmistetaan fossiilisista raaka-aineista. (VTT energia 2000, 79–81.)

Etanolin käyttömahdollisuudet liikennepolttoaineena ovat moninaiset. Etanolia voidaan käyttää tavallisissa bensiinimoottoreissa sekoitettuna bensiiniin aina noin 10 %:n pitoisuuksiin saakka. Jos polttoaineesta yli 10 % on etanolia, tarvitsee moottorin ja polttoainejärjestelmän olla erityisesti alkoholeja varten suunniteltu (ks. kappale 2.2.1). Etanolia voidaan käyttää täysin puhtaana polttoaineena, mutta silloin moottorin kylmäkäynnistäminen voi olla vaikeaa. Etanolin leimahduspisteen lämpötila on korkeampi kuin bensiinillä, minkä vuoksi käynnistysongelmia voi tulla vastaan, jos

lämpötila laskee alle -25 °C. (Oy Ford Ab 2009a.) Etanoli soveltuu myös dieselmootoreille, mutta tällöin se tarvitsee syttyvyydenparantajaisäaineistuksen.

Etanolia tarvitaan noin kolmannes enemmän kuin bensiiniä saman matkan kulkemiseen, koska etanolin energiasisältö on bensiiniä alhaisempi. Tämä selittyy etanolin molekyyliessä olevalla hapella, joka on palamatonta ainetta. Tiheydeltään etanoli on bensiiniä hieman raskaampaa. Etanolissa oleva happi vaikuttaa myös palamisessa tarvittavaan ilmanmäärään. Normaali bensiini tarvitsee 1 kg kohden 14,6 kg ilmaa, kun taas etanoli tarvitsee 1 kg kohden vain 9 kg ilmaa (Taulukko 1). (VTT energia 2000, 79–81; Motiva 2006, 30.)

Taulukko 1. Bensiini ja etanoli (VTT energia 2000, 79–81; Motiva 2006, 30.)

	<i>Bensiini</i>	<i>Etanoli</i>
<i>Energiasisältö [MJ/kg]</i>	43	26,4
<i>Tiheys [kg/litra]</i>	0,72-0,77	0,789
<i>1 kg kohden tarvittava ilma [kg]</i>	14,6	9

Yleensä etanolia käytetään seoksena, josta käytetään nimitystä E85. Nimitys tarkoittaa, että seoksesta 85 % on etanolia ja 15 % bensiiniä. Bensiiniä käytetään seoksen joukossa parantamaan syttyvyyttä ja näin edistämään kylmäkäynnistystä. (Thermopolis Oy 2008.)

2.2.1 FFV-auto eli Fuel Flexible Vehicle

FFV-autot on suunniteltu toimimaan joko kokonaan bensiinillä tai bensiinin ja etanolin tai metanolin seoksella. Bensiinin ja etanolin suhde tankissa voi olla mitä vain 0 ja 100 väliltä. Yleensä kuitenkin FFV-autoja ajetaan E85-polttoaineella tai bensiinillä. (Oy Ford Ab 2009a.)

Teknisesti FFV-autot on toteutettu siten, että moottorinohjausjärjestelmässä olevat anturit tunnistavat automaattisesti käytetyn polttoaineen ja säätävät tämän tiedon perusteella polttoaineen syötön ja moottorin säädöt optimaalisiksi. Kasvihuonepäästöt voivat pienentyä jopa 80 %, kun ajetaan FFV-autoa E85-polttoaineella. (Dodge 2009.)



Kuva 1. CO₂-päästöt voivat pienentyä 80 % (ST1 2009).

Suomessa myytäviä FFV-automalleja tarjoavat Ford, Volvo, Saab ja Dodge (ST1 2009). FFV-autot eivät malleiltaan eroa bensiini- tai dieselmalleista muuten kuin moottoritekniikaltaan. Sama malli onkin yleensä saatavilla useammalla voimanlähde-vaihtoehdolla. Ford, Volvo ja Dodge markkinoivat mallejaan nimellä Flexifuel ja Saab käyttää omasta tekniikastaan nimitystä BioPower. (Oy Ford Ab 2009a; Volvocars 2009; Saab 2009; Dodge 2009.)

Ford tarjoaa Flexifuel-tekniikkaa muun muassa. Focus 1.8 ja Mondeo 2.0 -malleihin. Esimerkiksi Mondeo mallin CO₂-kokonaispäästöt ovat vain 49 g/km käytettäessä Refuel RE85-polttoainetta. (Oy Ford Ab 2009a.) Volvolla Flexifuel-auton voi saada mm. C30 1.8 ja S80 2.0 -mallina (Volvocars 2009). Ainakin 9-3 Sport Sedan ja 9-5 Sport Combi on Saabilta saatavana BioPower-moottoritekniikalla Suomessa (Saab 2009). Dodge tarjoaa Journey 2.7 V6 -mallin Flexifuelina. CO₂-päästöjä käytettäessä Refuel RE85-polttoainetta syntyy 64 g/km. (Dodge 2009.)

Kylmäkäynnistysongelmien takia autojen maahantuojaat suosittelevat FFV-autoihin lohkolämmitintä, ja monet maahantuoista tarjoavatkin sen vakiovarusteena. Sen lisäksi, että lohkolämmitin poistaa käynnistysongelmat, pienentyvät myös kylmäkäynnistyspäästöt. (Oy Ford Ab 2009b.)

2.2.2 Erikoisvaatimuksia etanolia käytettäessä

Autotehtaat suosittelevat moottoreille öljynvaihtoa 10 000 km välein, jos autolla ajetaan jatkuvasti etanolilla. Tähän on syynä se, että palamaton polttoaine voi laimentaa moottoriöljyä liikaa. Tiivistemateriaaleja valittaessa tulee ottaa huomioon, että etanoli voi liuottaa eräitä tiivisteissä yleisesti käytettäviä materiaaleja. Lisäksi polttoainejärjestelmä, niin moottorissa kuin jakelussakin, tulee tehdä materiaaleista, jotka kestävät hyvin korroosiota. (Oy Ford Ab 2009b.)

2.3 Bioetanoli

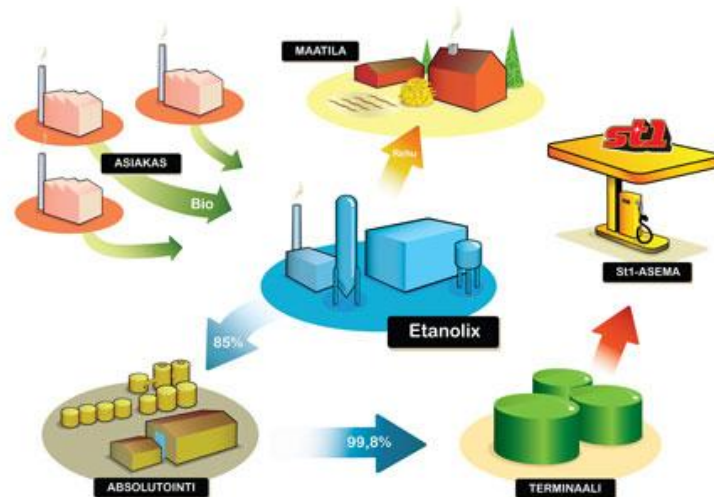
Bioetanolia on alettu käyttää ja valmistaa maissa, joissa on siihen edellytykset maataloudellisesti ja taloudellisesti. Bioetanolin tuottaminen voi olla jopa kolme kertaa kalliimpaa kuin bensiinin tuottaminen raakaöljystä. Syitä kalliimpaan tuotantoon ovat raaka-aineet ja suuri energian tarve prosessissa. Yleisimpiä raaka-aineita bioetanolin valmistuksessa maailmalla ovat sokeriruoko ja maissi. Jonkin verran käytetään myös sokerijuurikasta, vehnää ja ohraa. Kun bioetanolia valmistetaan viljasta tai sokeriruosta, syntyy prosessista sivutuotteena biologista jätettä, joka voidaan käyttää eläinten rehuna. Brasilia tuottaa yli kolmanneksen koko maailman bioetanoli-tuotannosta ja on näin ollen johtava etanolin tuottaja. Brasilia tuottaa etanolin pääasiassa sokeriruosta. (Restmac 2008; WWF 2007.)

Suomessa on suunniteltu bioetanolitehtaita, jotka tuottaisivat bioetanolia juuri vehnästä ja ohrasta. Tärkeää paikan valinnassa on, että lähialueella olisi viljan tuotantoa, jolla turvattaisiin viljan saatavuus, sekä maatiloja tai rehutehtaita, joille kuljettaa sivutuotteena syntyvät rehujakeet. Tällöin kuljetusetäisyydet pysyisivät mahdollisimman lyhyinä ja kuljetuksista syntyvät päästöt minimissään. Etanolia voitaisiin saada n. 0,91 t/ha Suomessa kasvatettavasta ohrasta (Thermopolis Oy 2008).

EU:n direktiivi 2003/30/EY velvoittaa liikennepolttoaineiden jakelijat toimittamaan kulutukseen vähimmäisosuuden biopolttoainetta. Vuonna 2008 pakollinen biopolttoaineiden osuus oli 2 % kaikesta kulutukseen toimitettujen polttoaineiden kokonaisenergiasisällöstä. 2009 vastaava osuus on 4 % ja vuonna 2010 ja siitä eteenpäin 5,75 %. (ST1 2009b.)

Tilanne Suomessa

ST1 valmistaa ainoana Suomessa bioetanolia. Heidän käyttämä menetelmänsä on patentoitu ja palkittu Etanolix® (Kuva 2). Etanolix®-menetelmä käyttää raaka-aineenaan muun muassa uusiutuvia elintarviketeollisuuden ylijäämiä ja sivuvirtoja. Tuotantolaitokset ovat pieniä ja ne on hajautettu sinne missä biojätettä syntyy, jotta kuljetustarve pysyisi mahdollisimman pienenä. Tuotantolaitosten ympäriltä löytyy myös maatiloja, joille kuljettaa sivutuotteena syntyvä rehu. Tuotantoon tarvittava lämpöenergia tuotetaan uusituvalle energialla kuten pelleteillä. Etanolix®-menetelmän hiilidioksidipäästöt ovat käytännössä olemattomat. ST1:llä on tällä hetkellä kolme Etanolix®-yksikköä Suomessa, jotka sijaitsevat Lappeenrannassa, Närpiössä ja Haminassa. Suunnitteilla ovat myös yksiköt Vantaalle ja Lahteen. (ST1 2009b.)



Kuva 2. Biojätteen tie Refueliksi (ST1 2009a).

ST1 myy bioetanoli-bensiiniseosta nimellä Refuel RE85 (Kuva 3). Polttoneste sisältää 80–85% bioetanolia sekä bensiinin erikoiskomponentteja, jotka pienentävät kylmäkäynnistyksen ongelmia. (ST1 2009c.)



Kuva 3. ReFuel (ST1 2009a).

3 Polttoaineenkulutus ja päästöt

Kaikista kuljetusmuodoista syntyy ilmaan päästöjä. Päästöjen vaikutusalue ja vaikutusaika voi vaihdella paljon. Osalla on hyvinkin pitkäaikaisia vaikutuksia maailmanlaajuisesti, kun taas toisilla on vain hetkellisiä vaikutuksia lähiympäristöön. Hiilidioksidin syntyyn vaikuttaa käytännössä ainoastaan polttoaineenkulutus, kun taas muiden päästöjen syntyyn vaikuttavat pääasiassa moottori, käytettävä polttoaine ja mahdollinen pakokaasun jälkikäsittely.

Päästöjen sääntelyllä on suuri merkitys ympäristöpolitiikassa maailmanlaajuisesti, mikä heijastuu myös autoteollisuuteen päästöjen ja kulutuksen vähentämisen vaatimuksina. Maantiekuljetuksissa ylivoimaisesti yleisin polttoaine on dieselpolttoaine. Dieselin osalta keskeisimpiä kehittämiskohteita ovat partikkeleiden ja typen oksidien vähentäminen.

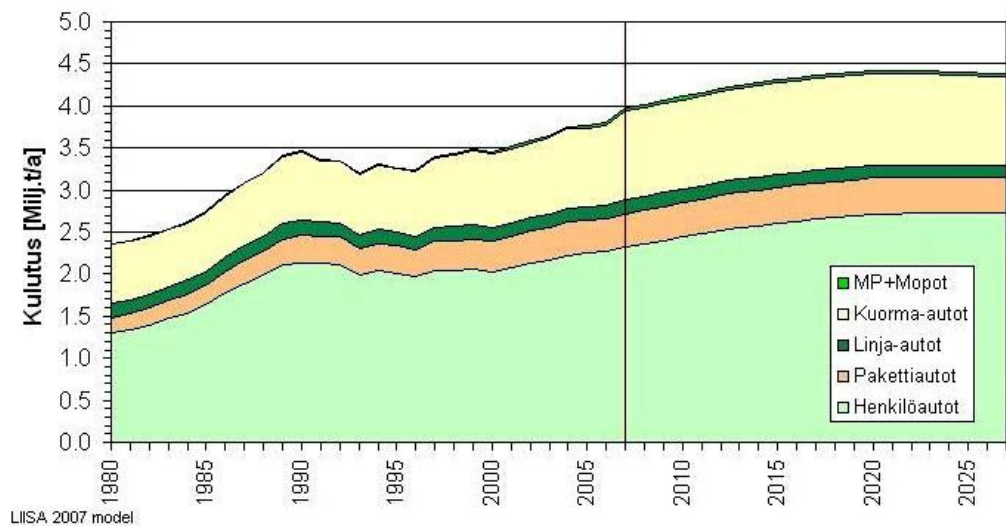
3.1 Polttoaineenkulutus ja siihen vaikuttavat tekijät

Polttoaineenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä on monia. Moottorin hyötysuhde on yksi tärkeimmistä. Moottorin hyötysuhde on riippuvainen moottorista, käytettävästä polttoaineesta, ajoneuvon omamassasta ja lastista sekä sitä kautta moottorin kuormitusasteesta. Moottorin hyötysuhde on suurimmillaan melko korkealla kuormitusasteella. Ilmanvastuskin on merkittävä tekijä polttoaineen kulutuksen kannalta, minkä vuoksi autojen valmistajat ovat viime vuosina kehittäneet entistä enemmän autojen aerodynaamisia ominaisuuksia.

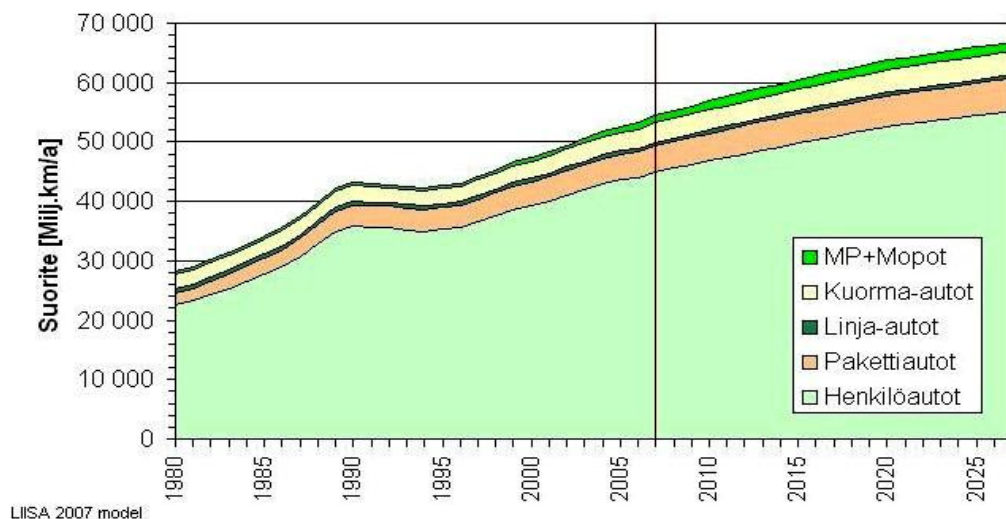
Ilmanvastus kasvaa nopeuden neliönä ja sen voittamiseen tarvittava teho kasvaa nopeuden kuutona, joten on helppo ymmärtää, miksi ilmanvastuksella on niin suuri vaikutus polttoaineen kulutukseen (Bosch 2003, 379). Myös renkaiden kuvioinnilla ja materiaalilla on vaikutus polttoaineen kulutukseen (Ajoneuvohallintokeskus 2009a). Polttoaineen kulutuksen kannalta merkittävää on myös kuljettajan oma ajotapa.

Vaikka ajoneuvokohtainen polttoaineenkulutus on pienentynyt autokannan uusiutumisen ansiosta, polttoaineenkulutus yleisesti Suomen tieliikenteessä kuitenkin kasvaa hitaasti liikennesuoritteen kasvun vuoksi (Kuva 4 Kuva 5). Yhä useammassa taloudessa on kakkosauto, ja vain enää alle 17 % suomalaisista elää kotitaloudessa,

jossa ei ole henkilöautoa (Ajoneuvohallintokeskus 2009b). Vuonna 2005 väestöstä asui yli 60 % kaupunkimaisissa kunnissa ja joukkoliikenteen osuus koko henkilöliikennesuoritteesta oli 16 %. Lisäksi väestöstä 84 % kuului talouksiin, joissa oli vähintään yksi auto, mutta yksinasuvista 60 %:lla ei ollut autoa. Ihmiset myös tuntuvat ostavan entistä isompia autoja. Trendinä voidaan ehkä kuitenkin pitää sitä, että ihmiset olisivat heräämässä miettimään autoilua myös ympäristön kannalta ja tästä syystä isot autot pienillä ja tehokkailla moottoreilla olisivat kasvattamassa suosiotaan. Samoin erilaisten hybridi- ja sähköautojen suosio on nousemassa. (VTT 2008.)



Kuva 4. Suomen tieliikenteen polttoaineen kulutus (VTT 2008).



Kuva 5. Suomen tieliikenteen liikennesuorite (VTT 2008).

3.1.1 Taloudellinen ajo

Kuljetusyritykset ovat kiinnostuneita taloudellisesta ajotavasta, ympäristöhyötyjen lisäksi, sen tarjoamien taloudellisten säästöjen vuoksi.

Taloudellinen ajotapa voi vähentää kulutusta 8-12 % eli vuosittain on mahdollisuus tuhansien eurojen kustannussäästöihin yhden auton kohdalla. Jarrut, renkaat ja muut kuluvat osat kestävät pidempään, huollontarve vähenee, ja autojen käyttöikä pitenee. Myös kuljettajien kokema stressi vähenee, asiakkaat ovat tyytyväisempiä ja yrityksen imago paranee. (Karhunen ym. 2004, 119.)

Taloudellisen ajotavan ydin perustuu ennakoimiseen ja liikenteen lukemiseen. Hidas-taminen tulee aloittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja jarruttaminen toteutetaan moottorilla eikä viime tingassa jarrupolkimen polkaisulla. Liikkeelle lähdössä vältetään kaasupolkimen pohjaan polkemista. Kaupungissa liikennevaloja seuraamalla ja ennakoimalla voidaan vähentää turhia jarrutuksia, pysähdyksiä ja kiihdytyksiä. Näin myös vaihteiden edestakaisin vaihtaminen vähenee, mikä vähentää pitkällä aikavälillä vaihteiston kulumista. Aina pitäisi ajaa mahdollisimman isolla vaihteella, jolla moottori edelleen vetää kunnolla, tämä koskee myös kiihdytyksiä. (Ahonen & Niemi 2008, 70–72.)

Maantiellä katse pidetään kaukana, ja vältetään turhia ohituksia. Kesällä ajetaan urien vieressä sileämmällä pinnalla, joka pienentää vierintävastusta ja talvella valitaan mahdollisimman puhdas linja, jossa pito on paras mahdollinen. Parhaimmillaan taloudellinen ajo lisää myös matkustusmukavuutta ja ajoturvallisuutta. (Ahonen & Niemi 2008, 70–72.)

3.1.2 Diesel yleisesti

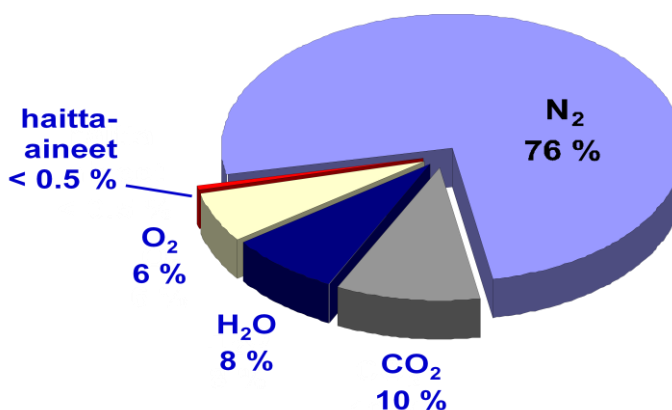
Dieselöljyn energiasisältö on hieman suurempi kuin bensiinin ja sen vuoksi myös hiilidioksidipäästöt ovat bensiinistä syntyviä päästöjä suuremmat (Taulukko 2). Dieselmoottorin hyötysuhde on kuitenkin parempi kuin bensiinimoottorin, joten se kuluttaa vähemmän ja kokonaisuudessaan hiilidioksidipäästöt jäävät bensiiniautoa pienemmiksi. Suomessa dieselautot alkoivat yleistyä, kun vuoden 2008 alussa tuli voimaan autoveromuutos, joka suosii autoja joiden hiilidioksidi päästöt ovat vähäisiä.

Dieselpolttoaine on ollut vuodesta 2007 alkaen yleisin liikennepolttoaine Suomessa. Vuonna 2007 sitä myytiin 2 610 miljoonaa litraa. (Motiva 2009a; 2009b.)

Taulukko 2. Diesel ja bensiini (Motiva 2009a; 2009b).

	<i>Diesel</i>	<i>Bensiini</i>
<i>Energiasisältö [kWh/l]</i>	10	9
<i>Hiilidioksidipäästöt [kg/l]</i>	2,66	2,35

Teoreettisesti dieselin polttaminen tuottaa pakokaasuina ainoastaan typpeä, CO₂:ia, palamatonta happea ja vettä. Millään näillä komponenteilla ei ole todettu olevan vaikutuksia terveyteen tai ympäristöön, poikkeuksena on CO₂:in kasvihuonekaasu ominaisuudet. Komponenttien määrät ovat riippuvaisia moottorista, sen kuormitusasteesta ja nopeudesta. Tyypillisesti CO₂:ia on 2-12 %, happea 3-17 % ja vettä 2-12 % pakokaasusta (Kuva 6). (Majewski, W.A. & Khair, M.K. 2006.)



Kuva 6. Dieselpakokaasun tyypillinen koostumus (Ikonen 2008).

Polttotapahtuma on yleensä kuitenkin epätäydellinen. Tällöin syntyy päästökompONENTTEJA, jotka voivat olla vaarallisia terveydelle ja ympäristölle. Ei-toivottuihin palamisreaktioihin kuuluu polttoaineen epätäydellinen palaminen, reaktiot komponenttien välillä korkeassa lämpötilassa ja paineessa, moottoriöljyn palaminen ja ei-hiilivety komponenttien palaminen. (Majewski, W.A. & Khair, M.K. 2006.)

3.2 Maantiiliikenteen päästöt

Maantiiliikenteellä on suuri merkitys Suomessa, sekä henkilö- että tavaraliikenteessä. Suomi on pitkä maa ja suuria kaupunkikeskittymiä lukuun ottamatta harvaanasuttu, mutta kuitenkin ihmisten ja tavarantoiminnan pitää liikkua. Väestöstä 76 % asuu Etelä-Suomen ja Länsi-Suomen lääneissä, mutta Suomen väestötiheys on kuitenkin vain 15,5 as./km² (Tilastokeskus 2009).

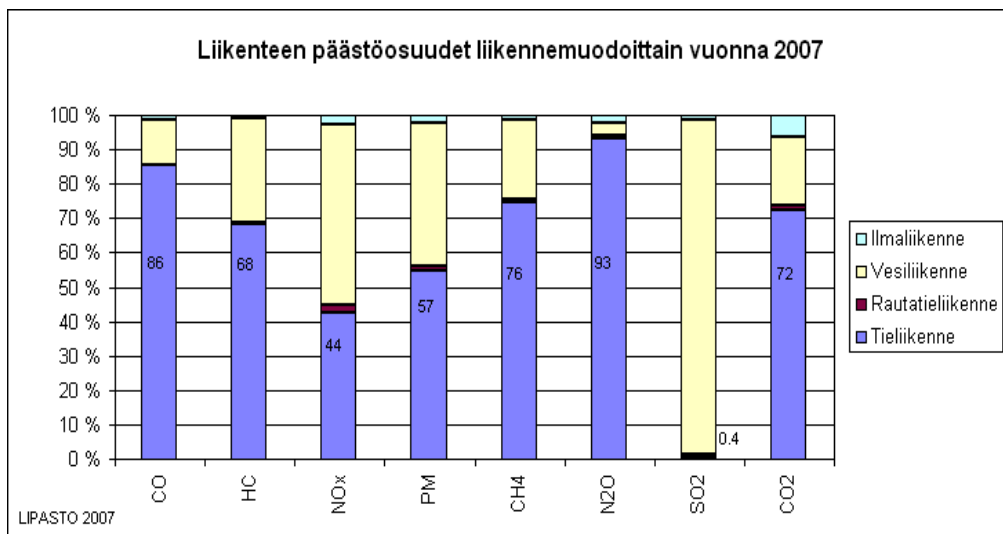
Päästöjen jaottelu ei aina ole yksiselitteistä ja päästökomponentit voidaankin jaotella monin eri perustein. Jaotteluperusteesta riippuen jotkin komponentit voivat kuulua useampaan luokkaan. Tässä opinnäytetyössä päästöt on jaoteltu säänneltyihin, ei-säänneltyihin ja kasvihuonekaasupäästöihin.

Säännellyillä päästöillä tarkoitetaan niitä päästöjä, joille on olemassa raja-arvot. Jokaisen uuden automallin tulee alittaa tyyppihyväksynnässä nämä raja-arvot ennen kuin uusi malli voidaan laittaa myyntiin. Näitä raja-arvoja valvotaan myös jossain määrin katsastusten yhteydessä. Säänneltyihin päästöihin kuuluvat häkä (CO), hiilivedyt (HC) ja typen oksidit (NO_x). Dieselmootoreilla tähän ryhmään kuuluvat myös partikkelit (PM). (Ikonen 2008.)

Ei-säännellyillä päästöillä tarkoitetaan niitä päästöjä, joilla ei ole enimmäisarvoja ja joita ei valvota. Sääntelemättömiin päästöihin kuuluvat esim. aldehydit ja bentseeni. (Ikonen 2008.)

Kasvihuonekaasupäästöihin luetaan hiilidioksidi (CO₂), typpioksiduuli eli ilokaasu (N₂O), metaani sekä rikkioksidi (SO₂), joista viimeksi mainittua ei tosin enää nykyisin synny kiitos rikittömän polttoaineen. (Ikonen 2008.)

Kuvassa esitetään liikennemuodoittain päästöjen osuudet Suomessa vuonna 2007. Kuvasta nähdään, että tieliikenne kattaa suuren osuuden kaikista päästöistä (Kuva 7).



Kuva 7. Liikenteen päästöosuudet liikennemuodoittain vuonna 2007 (VTT 2008).

3.2.1 Säännellyt päästöt

Säännellyt päästöt ovat pääasiallisesti paikallinen ongelma. Säänneltyjen päästöjen raja-arvot määräytyvät sen mukaan mihin päästöluokkaan ajoneuvo kuuluu. Ajoneuvon kuuluminen tiettyyn päästöluokkaan taas määräytyy sen mukaan milloin ajoneuvo on valmistettu. Raskaalle kalustolle (kuorma-autot) ja kevyelle kalustolle (henkilöautot) on olemassa omat päästöluokat ja raja-arvot. Taulukkoon on koottu raskaan kaluston päästöluokat, voimaantulovuosi, käytettävä testisykli ja raja-arvot (Taulukko 3).

Taulukko 3. Raskaan kaluston päästöraajat (DieselNet 2009).

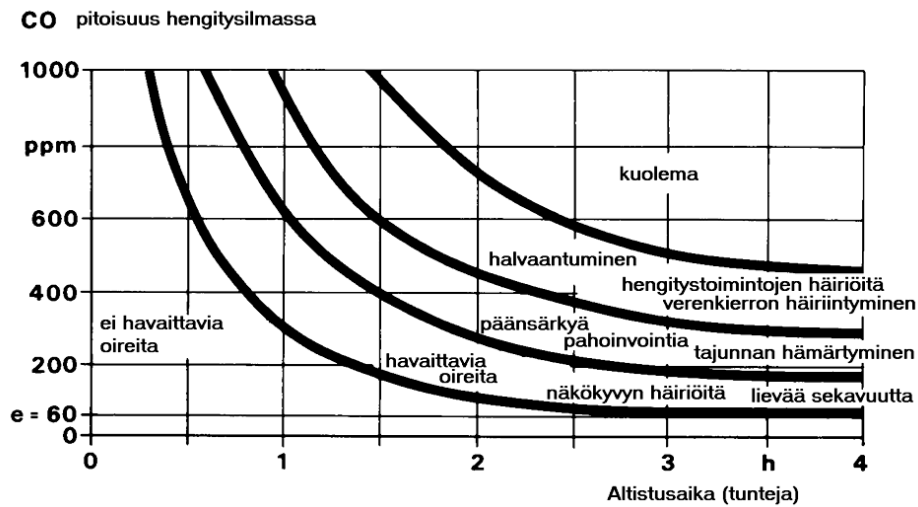
Päästöluokka ja voimaantulo	Testisykli	Raja-arvot [g/kWh]				[1/m]
		CO	HC	NO x	Partikkelit	Savutus
Euro 2 1995	13-mode	4,0	1,1	7,0	0,2	-
Euro 3 2000	ESC+ELR	2,1	0,7	5,0	0,10/0,13*	0,8
	ETC	5,5	1,6**	5,0	0,16/0,21*	-
Euro 4 2000	ESC+ELR	1,5	0,5	3,5	0,0	0,5
	ETC	4,0	1,1**	3,5	0,0	-
Euro 5 2008	ESC+ELR	1,5	0,5	2,0	0,0	0,5
	ETC	4,0	1,1**	2,0	0,0	-
*korkeampi arvo moottoreille, jonka iskutil./syl. on alle 0,75l ja maks. tehon pyör.nop. Yli 3000 rpm						
** raja-arvo metaanille (CH4) koskee vain maakaasumoottoreita						

Hiilimonoksidi (CO) eli häkä

Hiilimonoksidi on hajuton ja väritön, erittäin myrkyllinen kaasu, jonka tiheys on lähes sama kuin ilman. Hiilimonoksidi on herkkä leimahtamaan suurina pitoisuuksina ja se palaa kirkkaalla sinisellä liekillä. Hiilimonoksidia syntyy, kun polttoaine ei saa tarpeeksi happea palaessaan eli palamistapahtuman ollessa epätäydellinen. Kaupunkiliikenne on yksi yleisimmistä ajotapahtumista, jolloin hiilimonoksidia syntyy. Toinen on autojen kylmäkäyttö, joka Suomen kaltaisessa maassa on melko yleistä. (Majewski, W.A. & Khair, M.K. 2006; AKE 2009c; LIPASTO 2009b.)

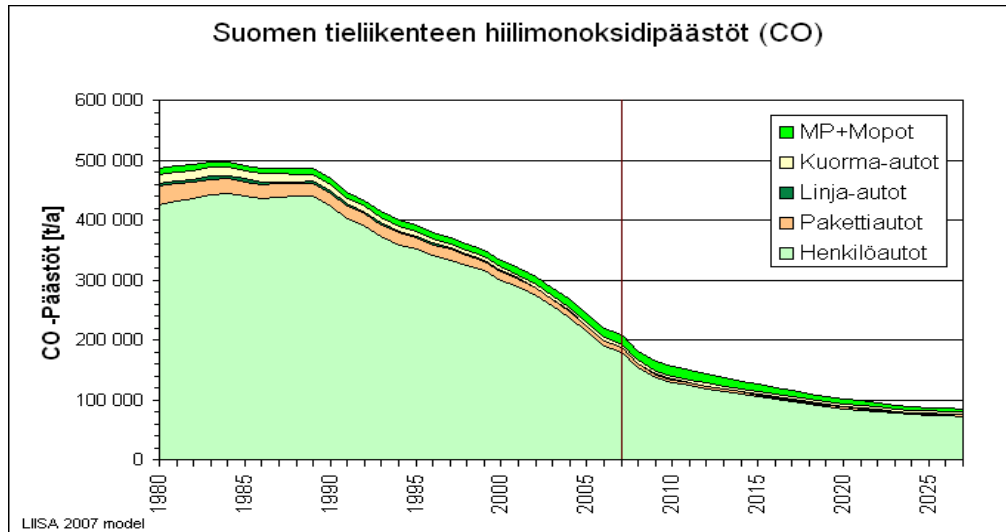
Hiilimonoksidipäästöt ovat enemmän bensiiniautojen ongelma kuin dieselkäyttöisten autojen. Tieliikenteen osuus kokonaishäkäpäästöistä on 73 %, mutta häkäpäästöistä johtuvat haitalliset terveysvaikutukset johtuvat pelkästään tieliikenteestä, koska liikenteen päästöt tulevat suoraan hengitysilmaan. Paikallisesti pitoisuudet voivat kasvaa suuriksi ja aiheuttaa oireilua etenkin sydän- ja verisuonitauteja sairastaville. Ilmassa hiilimonoksidi kuitenkin hapettuu muutamassa tunnissa hiilidioksidiksi. (VTT Energia 2000; Majewski, W.A. & Khair, M.K. 2006; AKE 2009c; LIPASTO 2009b.)

Häkä on ihmiselle hyvin vaarallista. Häkä sitoutuu veren hemoglobiiniin ja estää näin hapen kulun ihmisen kehossa. Se sitoutuu vereen noin 200-kertaa herkemmin kuin happi. Häkäpitoisuus veressä aiheuttaa voimakasta päänsärkyä, huimausta, hengästyneisyyttä ja pahoinvointia. Liian pitkä altistuminen korkeille häkäpitoisuuksille aiheuttaa kuoleman (Kuva 8). On myös tutkittu, onko hengitysilman häkäpitoisuuksilla yhteyttä sydänsairauksiin, mutta varmaa tietoa ei tästä vielä ole. (Majewski, W.A. & Khair, M.K. 2006.)



Kuva 8. CO-pitoisuus ilmassa ja altistumisaika vaikutukset (Ikonen 2008).

Liikennesuoritteiden kasvun johdosta hiilimonoksidipäästöt lisääntyivät lievästi koko 80-luvun (Kuva 9). Hiilimonoksideihin oli kuitenkin jo tuolloin kiinnitetty huomiota. Katalyysaattoritekniikan käyttöönotto yhdessä reformuloidun bensiinin kanssa 90-luvun alussa sai aikaan voimakkaan vähennyksen hiilimonoksidipäästöissä. (LIPASTO 2009b.)

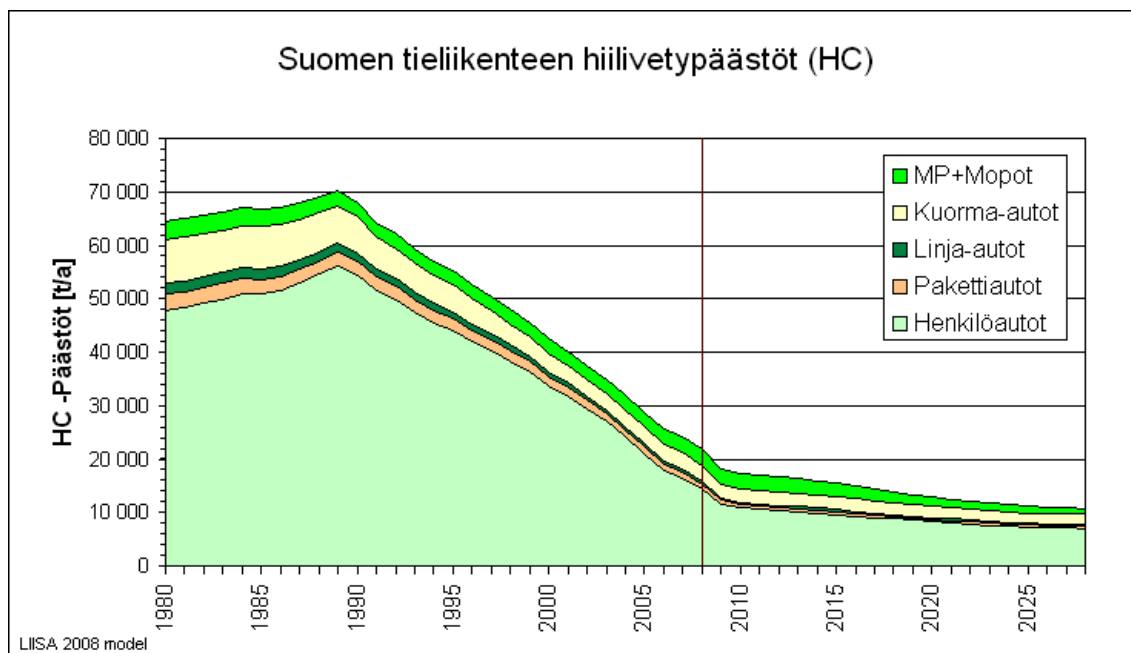


Kuva 9. Suomen tieliikenteen hiilimonoksidipäästöt (CO) (VTT 2008).

Hiilivedyt (HC)

Hiilivetyypäästöt syntyvät osan polttoaineesta kulkeutuessa palamattomana moottorin läpi. Hiilivetyjen määrä pakokaasussa on riippuvainen ajotilanteesta. Erityisesti sitä syntyy, kun ajetaan hiljaa tai hyvin kovaa. Hiilivetyjä syntyy myös, kun polttoainetta haihtuu kuljetuksen ja tankkauksen yhteydessä. Näitä haihtumapäästöjä kutsutaan myös nimellä VOC-päästöt. Tieliikenteen osuus kokonaishiilivetyypäästöistä on 47 %. Useat hiilivetyypäästöissä olevista orgaanisista yhdisteistä kuuluvat syöpää aiheuttavien eli karsinogeenisten aineiden ryhmään. Ulkoilmassa hiilivetyypäästöt yleensä jäävät alhaisiksi, mutta etenkin isojen teiden läheisyydessä pitoisuudet voivat olla korkeat. (Hengitysliitto a; LIPASTO 2009c; AKE 2009c.)

Myös hiilivetyypäästöjen vähenemisen takana on katalysaattorien ja reformuloidun bensiinin käyttöönotto 1990-luvulla (Kuva 10). (LIPASTO 2009c.)



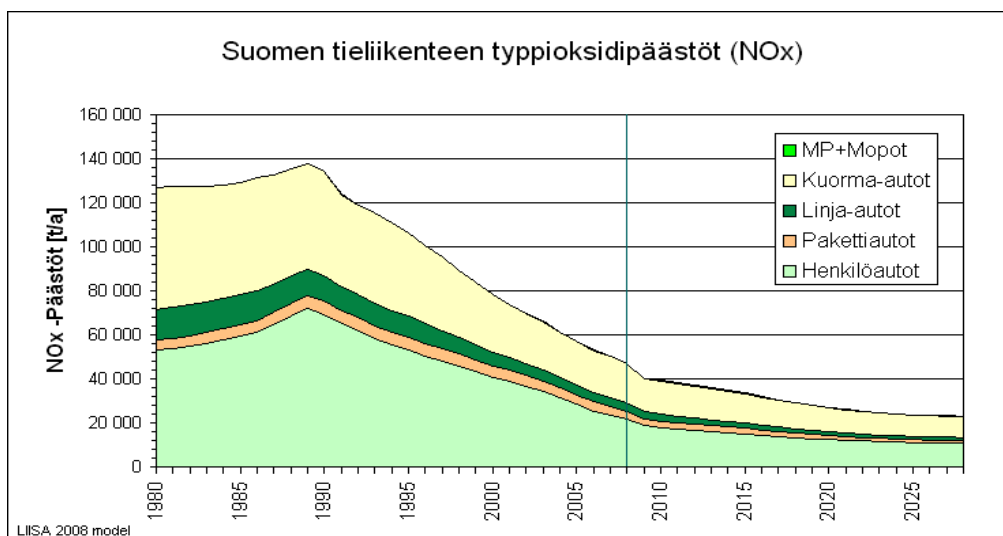
Kuva 10. Suomen tieliikenteen hiilivetyypäästöt (HC) (VTT 2008).

Typenoksidit (NO_x)

Tyypillisesti typenoksideihin kuuluu typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO₂). Typen oksideita syntyy palotilassa, kun typpi hapettuu palamistapahtumassa korkeissa lämpötiloissa. Erityisesti sitä syntyy, kun ajetaan lujaa maanteillä tai kiihdytetään kaupunkiliikenteessä. Valtaosa typenoksideista on typpimonoksidia. Vanhemmissa autoissa sen osuus kokonaistypenoksideista on noin 95 % ja uudemmissa noin 85 %. Typenoksideista 48 % on peräisin tieliikenteestä. Päästöjen loppuosuus syntyy energiantuotannosta ja teollisuudesta. Typenoksidit ovat erityisesti dieselmootoreiden ongelma. Pitoisuudet ilmassa ovat korkeimmillaan ruuhka-aikoina ja erityisesti kevään ja talven tyyninä pakkaspäivinä, kun ilma ei liiku. (LIPASTO 2009d; Hengitysliitto b.)

Typenoksideista vaarallisin ja myrkyllisin on typpidioksidi. Sen aiheuttamia oireita ovat yskiminen, rintakivut ja silmien ärsytys. Korkeina pitoisuuksina se voi supistaa keuhkoputkia ja lisätä hengitysteiden herkkyyttä muille ärsykeille. Typpimonoksidikin on haitallinen, koska se on monien myrkyllisten typpioksidien lähtökohtana (esim. typpidioksidi ja alailmakehän otsoni). Sen vähentäminen dieselmootoreissa voikin tulla erittäin hankalaksi, koska hapetuskatalysaattori hapettaa myös typpimonoksidia typpidioksidiksi. (Majewski, W.A. & Khair. M.K. 2006; Hengitysliitto b; AKE 2009c.)

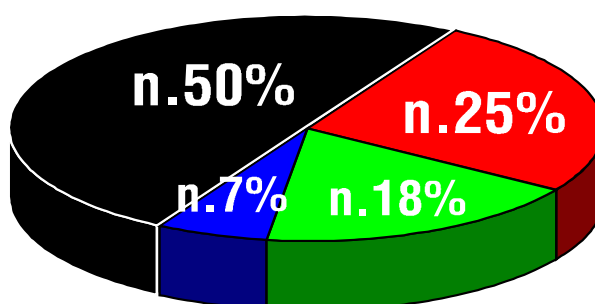
Typenoksidipäästöissä oli voimakasta kasvua 1980-luvulla (Kuva 11). Voimakas kasvu selittyy sillä, että käyttöön otettiin uutta tekniikkaa. 1990-luvun alussa päästöissä tuli selkeä vähennys, joka selittyy katalysaattoritekniikan käyttöönotolla. Bensiinimootoreissa katalysaattorin aikaansaama päästöjen vähentyminen voi olla jopa 95 %. Typenoksideilla ei ole samaa kylmäkäyttöongelmaa kuin hiilimonoksidilla ja hiilivedyillä, vaan typenoksidit syntyvät kuumassa moottorissa. Typenoksidipäästöjen väheneminen jatkuu edelleen, aina siihen saakka että autokanta on uudistunut niin, että lähes kaikki bensiinikäyttöiset autot ovat katalysaattorilla varustettuja. Tämänkin jälkeen alenemista päästöissä tulee todennäköisesti tapahtumaan, koska päästömääräykset tiukentuvat jatkuvasti. (LIPASTO 2009d.)



Kuva 11. Suomen tieliikenteen typpioksidipäästöt (NO_x) (VTT 2008).

Partikkelit (PM)

Partikkelit eli hiukkaset syntyvät palamisprosessin aikana. Erityisesti partikkeleita syntyy dieselmootoreissa, mutta myös bensiinimootoreissa, toisin kuin on pitkään ajateltu. Runkoaineeltaan partikkelit ovat hiiltä (noin 50 %) ja sen pintaan tarttuu muita aineita (25 % sulfaatteja, 7 % polttoaineesta palamatta jääneitä hiilivetyjä ja 18 % voiteluöljystä palamatta jääneitä hiilivetyjä) (Kuva 12). Suurin osa hengitettävistä hiukkasista on liikenteen nostattamaa katupölyä. Tieliikenteen osuus partikkelipäästöistä on 17 %. (LIPASTO 2009e; Ikonen 2008.)

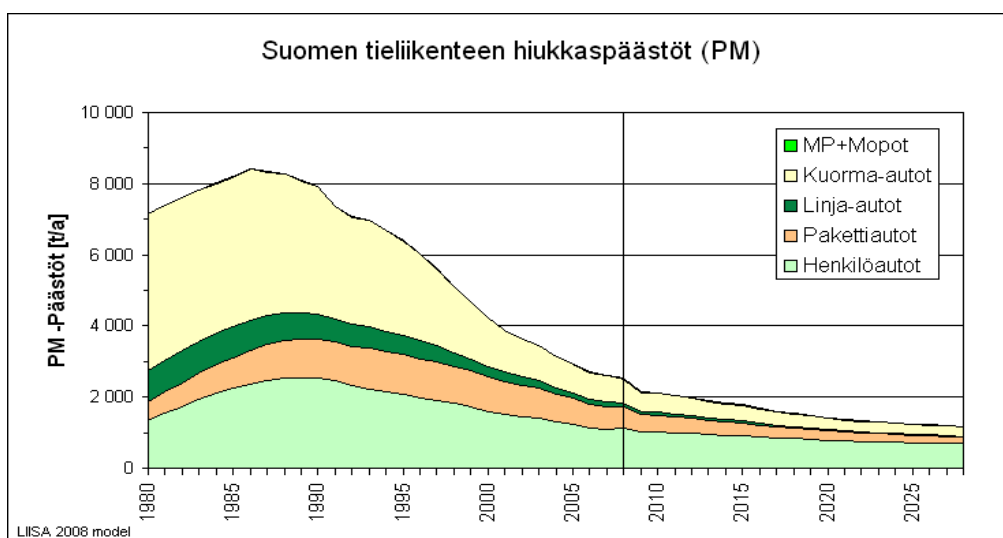


Kuva 12. Dieselpakokaasupartikkelin tyypillinen koostumus (Ikonen 2008).

Partikkeleiden osalta lainsäädäntö on ongelmallista. Myöskään niiden aiheuttamista haittavaikutuksista ei ole päästy yhteisymmärrykseen. Partikkelipäästöjä mitataan normaalisti kokonaismassana, sisältäen kaikenkokoisia partikkeleita. Näin saadut tulokset voivat olla harhaanjohtavia, koska partikkeleiden haittavaikutukset johtuvat

niiden koosta, ei massasta. Mitä pienempiä partikkelit ovat sitä syvemmälle hengitysteihin ne tunkeutuvat. Dieselmootoreista syntyvät partikkelit ovat kooltaan isompia ja näin kokonaismassaltaan suurempi haitta, kun taas bensiinimootorista syntyvät ovat pieniä ja kokonaismassaltaan kevyitä. Lyhytkin altistuminen partikkeleille voi lisätä hengitystieinfektioita ja pahentaa astmaa. (LIPASTO 2009e; Hengityслиitto c.)

Partikkelipäästöt tieliikenteessä kasvoivat 1980-luvulla voimakkaasti, koska liikennesuorite kasvoi (Kuva 13). Mutta polttoaineiden kehittymisen ansiosta, erityisesti rikitön polttoaine, päästöt ovat vähentyneet. Erityisesti reformuloitujen polttoaineiden käyttöönotto 1994 aikaansai jyrkän vähennyksen partikkelipäästöissä. (LIPASTO 2009e.)



Kuva 13. Suomen tieliikenteen partikkelipäästöt (PM) (VTT 2008).

3.2.2 Ei-säännellyt päästöt

Ei-säänneltyihin päästöihin luetaan sellaiset päästöt, joilla tiedetään olevan haittavaikutuksia ihmisen terveydelle tai luonnolle, mutta joita ei kuitenkaan lainsäädännössä normaalisti rajoiteta. Parempi käsite ei-säännellyille päästöille voisikin olla myrkylliset päästöt. Ei-säänneltyihin päästöihin kuuluvat muun muassa aldehydit, 1,3-butadieeni ja bentseeni. Ei-säänneltyihin päästöihin kuuluvat myös kaikkein pienimmät pakokaasuhiukkaset, koska ne kulkeutuvat kaikkein syvimmälle hengitysteissä ja näin ollen ovat hiukkasia haitallisempia. Pienhiukkasia syntyy sekä diesel- että bensiinimootoreissa. Dieselmootoreiden hiukkasia rajoitetaan säännellyillä

päästöissä, mutta se ei välttämättä takaa pienhiukkasten rajoittamista. Koska hiukkasten raja-arvot rajoittavat vain massaa, ja pienhiukkasten massa on hyvin pieni. (VTT Energia 2000.)

Ei-säänneltyihin päästöihin luetaan myös joskus hiilidioksidi (CO_2) ja typpioksiduuli (N_2O). Mutta yleensä nämä käsitellään erikseen kasvihuonekaasuina.

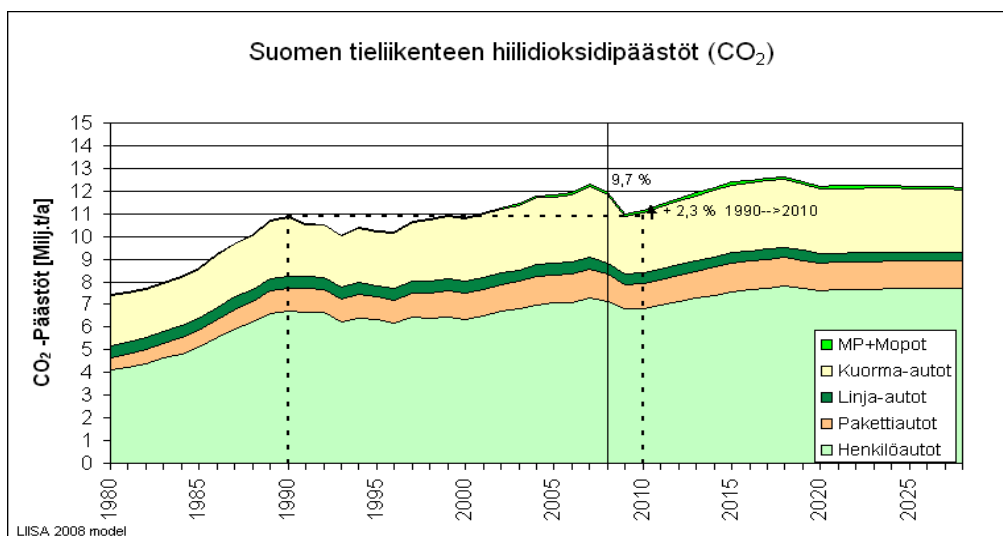
3.2.3 Kasvihuonepäästöt

Hiilidioksidi (CO_2)

Hiilidioksidin tilanne on ristiriitainen, koska hiilidioksidi on polttoaineen täydellisen palamisen lopputuote ja välttämätön kaasu, kun puhutaan kasvien kasvusta ja maapallon lämpötilan ylläpitämisestä, mutta samalla se on merkittävin kasvihuoneilmiötä aiheuttava kaasu. Hiilidioksidin synty ei ole riippuvainen ajo-olosuhteista vaan se on riippuvainen käytössä olevan polttoaineen hiilipitoisuudesta ja polttoaineen kulutuksesta (kappale 3.2). Hiilidioksidin vaikutus ulottuu koko maapallolle, eli ongelma on kaikkien yhteinen. Hiilidioksidi voi myös säilyä ilmakehässä jopa tuhansia vuosia. (Ilmatieteenlaitos; Ikonen 2008.)

Hiilidioksidipäästöjä kehitys on suoraan yhteydessä polttoaineen kokonaiskulutukseen. Näin ollen ainoa mahdollisuus teknisesti vähentää hiilidioksidipäästöjä on polttoainetalouden kehittyminen. Tehokkain keino hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen olisi ajosuorituksen vähentäminen, mutta tämä tuskin tulee tapahtumaan (kappale 3.1). Hiilidioksidipäästöjä pyritäänkin vähentämään ottamalla käyttöön biopolttoaineita. Tämä on kuitenkin joissain tilanteissa ristiriitaista, koska pakoputkesta tulee hiilidioksidia yhtä paljon kuin normipolttoaineellakin. Laskennallisesti voidaan kuitenkin katsoa päästöjen alentuneen, koska biopolttoaineen tuottaminen on verrattavissa luonnon normaaliin kiertokulkuun. Tämä tarkoittaa sitä, että hiilidioksidin määrä ei ilmakehässä lisäännä, koska kasvi, josta polttoaine on tuotettu, on kasvaessaan ja yhteyttäessään sitonut ilmasta hiilidioksidia yhtä paljon mitä sitä poltettaessa vapautuu. (LIPASTO 2009a.)

Kuvasta Kuva 14 nähdään hiilidioksidipäästöjen kehitys Suomen tieliikenteessä.



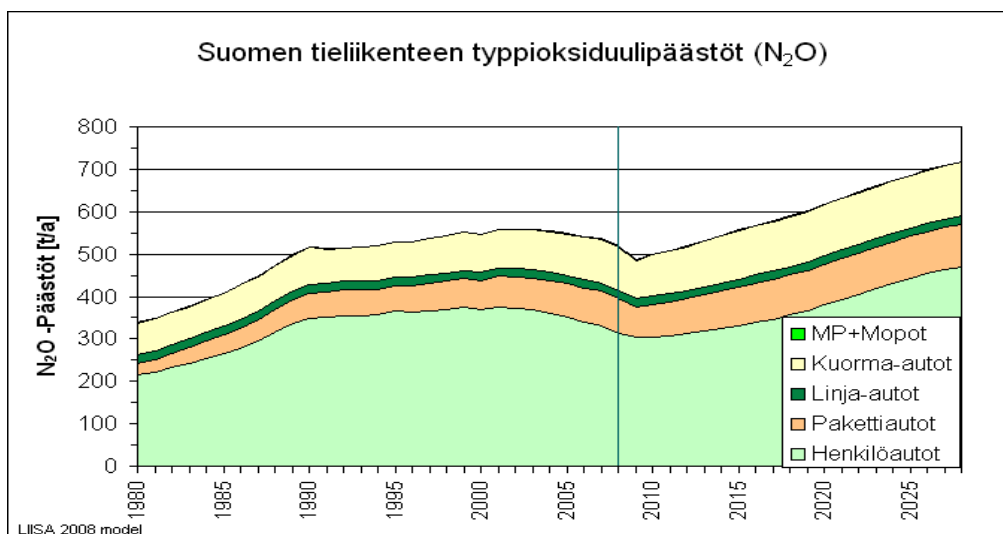
Kuva 14. Suomen tieliikenteen hiilidioksidipäästöt (CO_2) (VTT 2008).

Typpioksiduuli (N_2O)

Typpioksiduuli eli ilokaasu on väritöntä kaasua. Vaikka typpioksiduuli on typen oksidi ei sitä yleensä lasketa mukaan NO_x -arvoon, koska typpioksiduulilla ei ole todettu samanlaisia haittavaikutuksia kuin muilla typenoksidoilla. Typpioksiduuli on kuitenkin hyvin voimakas kasvihuonekaasu ja sitä on ryhdytty tutkimaan tarkemmin. Auringon ultraviolettisäteily hajottaa typpioksiduulimolekyylit vasta ylemmissä ilmakehän kerroksissa ja siksi typpioksiduulin elinikä ilmakehässä on noin 110 vuotta, joka on paljon pidempi kuin esimerkiksi metaanin, mutta lyhyempi kuin hiilidioksidin. Aikaisemmin tutkimusten ongelmana oli myös, että typpioksiduulin määrittäminen pakokaasusta oli hyvin hankalaa. Typpioksiduulia on aikaisemmin katsottu syntyvän erityisesti katalysaattoriautoissa. Katalysaattoriautoissa typpioksiduulipäästöjen luultiin olevan jopa kymmenkertaiset verrattuna autoon, jossa ei ole katalysaattoria. Väitettä perusteltiin sillä, että typpioksiduulia syntyy katalysaattorissa silloin kuin katalysaattori ei ole aivan toimintalämpöinen eikä pelkistä typenoksidoita loppuun asti typeksi. Uudemmat tutkimukset eivät kuitenkaan enää tue tätä väitettä, ja tästä syystä Suomen typpioksiduulipäästö määrät ovat pudonneet hyvin rajusti. (LIPASTO 2009f; SKAL 2007; Ilmatieteenlaitos.)

Typpioksiduulipäästö määrien kehittyminen seuraa suurin piirtein kokonaissuoritemäärä (Kuva 15). Typpioksiduulipäästöjen arvojen vertaaminen toisiinsa on hankalaa eikä saatuihin tuloksiin voi täysin luottaa. Tämä johtuu siitä, että aikaisemmin tutkiminen oli

vaikeaa, mutta myös siitä, että typpioksiduulille käytettävät kertoimet ovat vaihdelleet hyvin rajusti eri maiden välillä ja jopa maiden sisällä. (LIPASTO 2009f.)

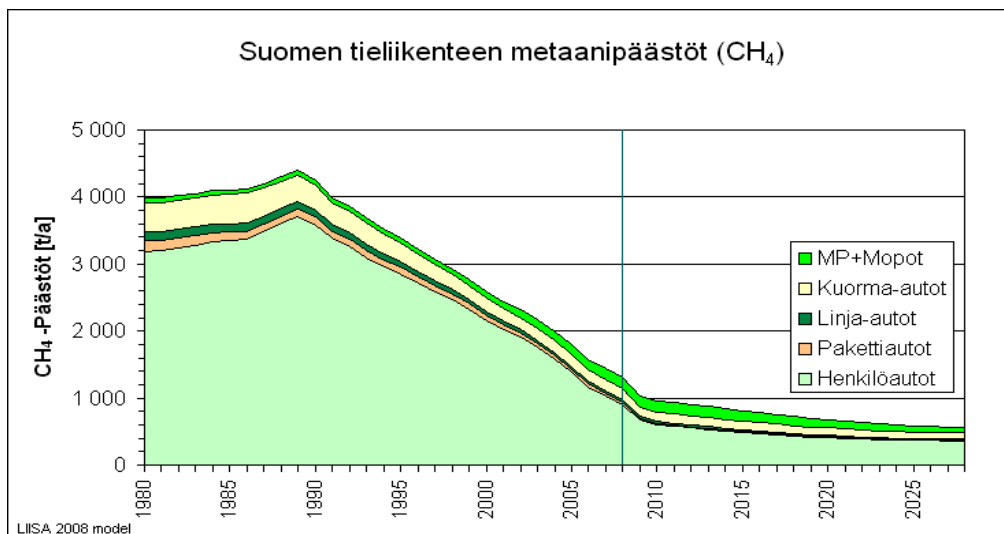


Kuva 15. Suomen tieliikenteen typpioksiduulipäästöt (N₂O) (VTT 2008).

Metaani (CH₄)

Metaani on toiseksi tärkein kasvihuonekaasuista heti hiilidioksidin jälkeen, jota ihminen tuottaa. Metaani on hiilidioksidia lyhytikäisempi ja sen pitoisuus ilmakehässä on pienempi, mutta sen vaikutukset ovat moninkertaiset verrattuna hiilidioksidiin. Metaanin haitallisuus perustuu melkein pelkästään sen kasvihuoneilmiövaikutuksiin, koska sillä ei ole havaittu sanottavia terveysvaikutuksia. Metaania ei synny pelkästään tieliikenteestä, vaan myös soista, kosteikoista ja valtameristä. (Ilmatieteenlaitos; Ilmasto.org 2009; LIPASTO 2009g.)

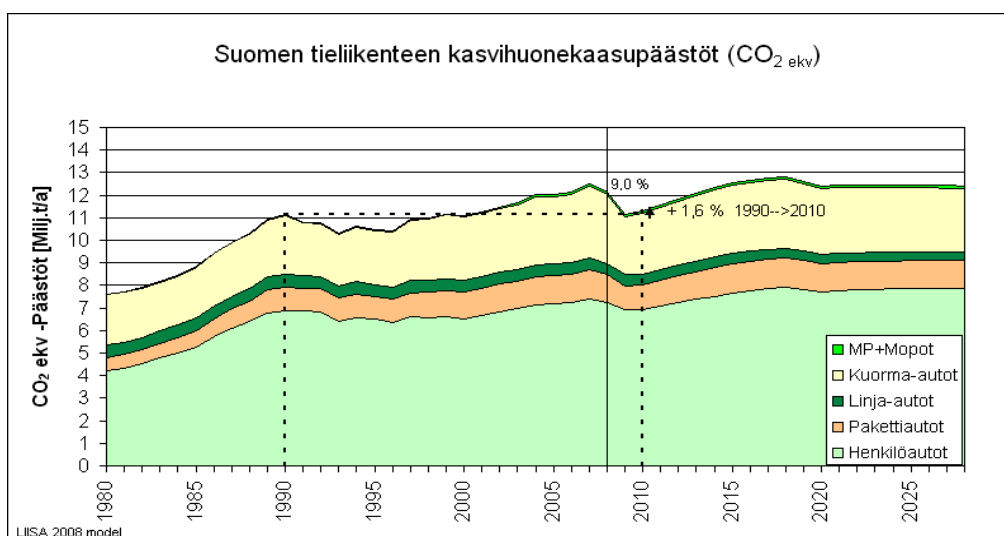
Liikenteessä katalysaattorilla ei saada metaanipäästöihin yhtä suurta pudotusta kuin muihin hiilivetyihin, koska metaani on hiilivedyistä kaikkein vaikeimmin hapetettavissa. Päästövähennys ei ole ollenkaan niin suuri kuin se oli hiilivedyillä (Kuva 16). (LIPASTO 2009g.) Nykyiset katalysaattoritekniikat kuitenkin pystyvät metaanin hapettamiseen jo melko hyvin, muuten esim. maakaasuautojen metaanipäästöt olisivat valtavat.



Kuva 16. Suomen tieliikenteen metaanipäästöt (CH_4) (VTT 2008).

Hiilidioksidiekvivalentti ($\text{CO}_{2\text{ekv}}$)

Hiilidioksidiekvivalentti on kasvihuonepäästöjen yhteismitta. Tähän lukuun lasketaan yhteen hiilidioksidi sellaisenaan, metaani kertoimella 21 ja typpioksiduuli kertoimella 310. Näin saatu yhteenlaskettu luku kuvaa eri kasvihuonekaasupäästöjen vaikutusta kasvihuoneilmiön voimistumiseen hiilidioksidiin verrattuna. Hiilidioksidiekvivalentin päästömäärät seuraavat aika pitkälle hiilidioksidin päästömääriä. (Ilmastonmuutos 2003; LIPASTO 2009e.)



Kuva 17 Suomen tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöt ($\text{CO}_{2\text{ekv}}$) (VTT 2008).

4 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön varsinainen aihe oli teollisen tuotantolaitoksen maantielogistiikan päästöjen selvittäminen. Koska aihe on luottamuksellinen, julkisessa päättötyössä on tarkasteltu kuljetusten aiheuttamien päästöjen problematiikkaa yleisellä tasolla.

Ympäristöasioista on tullut merkittävä kilpailukeino kuljetus- ja automarkkinoilla. Yritykset ovatkin heränneet pohtimaan aiheuttamaansa ympäristökuormitusta ja toteuttamaan päästöjä pienentäviä toimenpiteitä. Automarkkinoilla paine pienentää autojen synnyttämiä päästöjä on lähtöisin asetetuista tyyppihyväksynnän raja-arvoista. Vaikka hiilidioksidia ei tällä hetkellä raja-arvoilla rajoiteta, on autojen valmistajilla suuri paine pienentää autojen kulutusta ja sitä kautta hiilidioksidin syntymistä.

Maantieliikenteen näkökulmasta päästöjen vähentämiseksi tärkeimpiä kehittämisen kohteita ovat pakokaasujen puhdistustekniikat, ympäristöystävällisemmät polttoaineet ja meno-paluukuljetukset. Kuljetusyrityksille tärkeäksi seikaksi on noussut myös taloudellisen ajon merkitys polttoaineen kulutukseen, ja sitä kautta ympäristökuormitukseen ja suurempaan taloudelliseen kannattavuuteen.

Henkilöautopuolella tämän hetken suurimpana mielenkiinnon ja kehittämisen kohteena ovat hybridautot ja bioetanolin tai etanolin ja bensiinin seoksella toimivat FFV-autot. Bioetanolin kiinnostavuus polttoaineena perustuu sen tuottamisen hiilidioksidineutraaliuteen. Bioetanolin tuottoa kun voidaan jossain määrin verrata luonnon omaan hiilenkiertokulkuun. Suomessa bioetanolin tuottaminen on vasta alkuvaiheessa ja ST1 onkin ainoa, joka sitä tällä hetkellä valmistaa ja markkinoi. Polttoaineena bioetanolia löytää nykyisin ST1:sen polttoaineasemilta nimellä Refuel RE85.

Suomessa polttoaineenkulutuksessa yleisesti tieliikenteessä on havaittavissa pientä kasvua, vaikka ajoneuvokohtainen polttoaineenkulutus onkin pienentynyt autokannan uusiutumisen johdosta. Tämä kasvu selittyy liikennesuoritteiden kasvulla.

Liikennesuoritteiden oletetaan jatkavan kasvuaan edelleen, ja tästä syystä ympäristökuormitusta pienentäville toimenpiteille on kysyntää.

LÄHTEET

Ahonen, H. & Niemi, A. 2008. Taloudellinen ajotapa. Tekniikan Maaailma 7/2008, 70-72.

Ajoneuvohallintokeskus 2009a. Viitattu 8.11.2009 www.ake.fi > Ekoautoilu > Polttoaineet ja ajoneuvotekniikka > Renkaat

AKE 2009b. Viitattu 16.8.2009 www.ake.fi > Ekoautoilu > Perustietoa liikenteestä

AKE 2009c. Viitattu 28.10.2009 www.ake.fi > Ekoautoilu > Pakokaasupäästöt > Säännellyt päästöt

Bosch 2003. Autoteknillinen taskukirja. 6.painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

DieselNet 2009. Heavy-Duty Diesel Truck and Bus Engines. Viitattu 11.11.2009 <http://www.dieselnets.com/standards/eu/hd.php>

Dodge 2009. Journey Flexifuel- CO₂ vain 64 g/km! Viitattu 27.10.2009 www.dodge.fi > Mallisto > Journey > Flexifuel

Hengitysliitto a. Hiilivedyt. Viitattu 3.10.2009 www.heli.fi > Ilma > Merkittävimmät ilmansaasteet > Hiilivedyt

Hengitysliitto b. Typen oksidit. Viitattu 9.11.2009 www.heli.fi > Ilma > Merkittävimmät ilmansaasteet > Typen oksidit

Hengitysliitto c. Hiukkaset. Viitattu 9.11.2009 www.heli.fi > Ilma > Merkittävimmät ilmansaasteet > Hiukkaset

Ilmatieteenlaitos. Kasvihuonekaasut. Viitattu 14.11.2009 http://www.fmi.fi/ilmastonmuutos/miksi_5.html

Ilmasto.org. Metaani. Viitattu 7.12.2009 <http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/perusteet/kasvihuonekaasut/metaani.html>

Ilmastonmuutos ohjelman perustiedot. Hiilidioksidiekvivalentti. Viitattu 6.1.2010 <http://www.ilmastonmuutos.info> > Sanasto > Kansainväliset ilmastoneuvottelut

Karhunen, J.; Pouri, R. & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Helsinki: WS Bookwell Oy.

LIPASTO 2009a. LIISA 2008. Hiilidioksidi. Viitattu 14.11.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/co2s.htm>

LIPASTO 2009b. LIISA 2008. Hiilimonoksidi. Viitattu 29.10.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/cos.htm>

LIPASTO 2009c. LIISA 2008. Hiilivedyt. Viitattu 29.10.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/hcs.htm>

LIPASTO 2009d. LIISA 2008. Typen oksidit. Viitattu 29.10.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/noxs.htm>

LIPASTO 2009e. LIISA 2008. Hiukkaset. Viitattu 29.10.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/hiuks.htm>

LIPASTO 2009f. LIISA 2008. Typpioksiduuli. Viitattu 14.11.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/n2os.htm>

LIPASTO 2009g. LIISA 2008. Metaani. Viitattu 7.12.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/ch4s.htm>

Majewski, W.A. & Khair, M.K. 2006. Diesel emissions and their control. United States of America: Sae International.

Motiva & Treatise 2006. Vaihtoehtoiset polttoaineet ja ajoneuvot. Viitattu 15.8.2009
http://www.motiva.fi/files/2131/Vaihtoehtoiset_polttoaineet_ja_ajoneuvot.pdf.

Motiva 2009a. Bensiini. Viitattu 22.7.2009 <http://www.motiva.fi/> > Liikenne > Polttoaineet ja ajoneuvotekniikka > Polttoaineet > Bensiini

Motiva 2009b. Diesel. Viitattu 22.7.2009 <http://www.motiva.fi/> > Liikenne > Polttoaineet ja ajoneuvotekniikka > Polttoaineet > Diesel

Restmac 2008. Technology brochure: bioethanol production and use. Viitattu 5.1.2010
http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Projcet_Documents/RESTMAC/Brochure5_Bioethanol_low_res.pdf

Saab 2009. Viitattu 27.10.2009 www.saab.fi > Autot > 9-5 SportCombi tai 9-3 Sport Sedan

Shakhashiri 2009. Chemical of the Week. Viitattu 19.10.2009
<http://scifun.chem.wisc.edu/CHEMWEEK/PDF/Ethanol.pdf>.

ST1 2009a. Biojätteen tie Refueliksi. Viitattu 2.11.2009 www.st1.fi > Refuel > Biojätteen matka Refueliksi

ST1 2009b. Jätteistä bioetanolia. Viitattu 24.10.2009 www.st1.fi > Tuotanto ja teknologia > Jätteistä bioetanolia

ST1 2009c. Refuel kestää Suomen talvessa. Viitattu 2.11.2009 www.st1.fi > Refuel > Refuel kestää Suomen talvessa

Suomen kuljetus ja logistiikka (SKAL) 2007. Puhdasta logistiikkaa – SKAL:n ympäristöohjelma 2007. Viitattu 9.11.2009 www.skal.fi > Tietoa kuljetusalasta > Ympäristöasiat > Puhdasta logistiikkaa – SKAL:n ympäristöohjelma 2007

Thermopolis Oy 2008. Bioetanoli liikenteessä. Viitattu 24.10.2009
http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Uusiutuva_energia/Bioetanoli.pdf

Valtion teknillinen tutkimuskeskus 2008 (VTT). Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt LIISA 2007 laskentajärjestelmä. Viitattu 10.8.2009 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa2007raportti.pdf>

Volvo cars 2009. Volvo Flexifuel nyt entistä suorituskykyisempi ja taloudellisempi. Viitattu 27.10.2009 www.volvocars.com > Lehdistötiedotteet > Volvo Flexifuel nyt entistä suorituskykyisempi ja taloudellisempi

VTT Energia 2000. Katsaus ajoneuvoliikenteen polttoainevaihtoehtoihin. VTT Energian raportteja 18/2000.

VTT 2008. Liikennesektorin vaikutukset ilmastonmuutokseen ja mahdollisuudet hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi.

WWF 2007. WWF:n suojelukatsaus 3/2007. Viitattu 14.1.2010
http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/suojelukatsaus_3_2007.pdf

Oy Ford Ab 2009a. Ford Flexifuel. Viitattu 26.10.2009 <http://ford.webfellows.fi/flexifuel/esite.pdf>

Oy Ford Ab 2009b. Ford Flexifuel, Käyttö ja hyödyt. Viitattu 26.10.2009
<http://www.ford.fi/FordSuomessa/Fordflexifuel> > Käyttö ja hyödyt